

Sincronía en redes de telecomunicaciones

J. Mauricio López R.



División de Tiempo y Frecuencia
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, CENAM

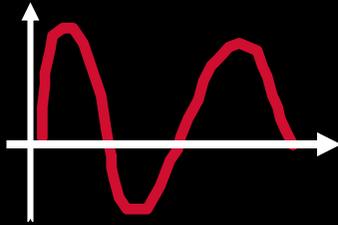
Contenido

- 1. Introducción**
- 2. Esquemas de sincronía en redes de comunicación**
- 3. Especificaciones en PRC**
- 4. Comparación entre PRC**
- 5. Trazabilidad al SI**
- 6. Los GPS-RT**
- 7. Conclusiones**

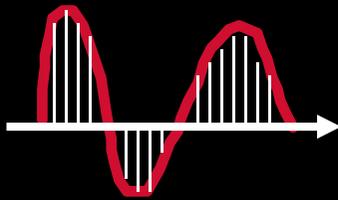


1. Introducción

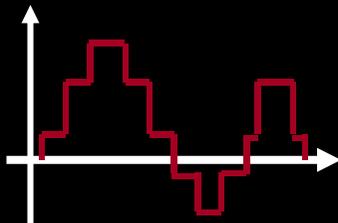




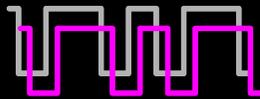
Señal Analógica = 4kHz = Canal de Voz



Muestreo = 8kHz = 8000 x Segundo



Codificación = 8bits = Octeto
Cuantificación = 256 palabras



8bits X 8000 Muestras X s = Señal PCM 64 kbps.

Servicio Efecto de “slips”

Voz sin compresión	5% de “slips” tienen un efecto audible
Voz con compresión	Un “slip” causa un efecto audible
Fax	Un “slip” puede causar la pérdida de varias líneas
Modem	Un “slip” puede causar varios segundos de pérdida en la comunicación
Video con compresión	Un “slip” puede causar la pérdida de varias líneas. Más de un “slip” puede congelar la imagen por varios segundos
Protocolos encriptados	Los “slips” reducen velocidad de transmisión de datos

$$\frac{N_s}{T} = \frac{\Delta f}{f} \times \frac{N_f}{\Delta t}$$

N_s / T número de “slips” acumulados en un tiempo T

$\Delta f / f$ diferencia fraccional de frecuencia

$N_f / \Delta t$ número de “frames” por segundo

Wander en telecomunicaciones por efectos de temperatura ambiental

En fibra óptica

$$\approx 80 \text{ ps} / \text{km} / ^\circ \text{C}$$

En cobre

$$\approx 800 \text{ ps} / \text{km} / ^\circ \text{C}$$

Diferencia fraccional de frecuencia Número de “Slips” para 8k segmentos por segundo

10^{-11} 1 “slip” cada 4.8 mese

10^{-10} Un “slip” cada 14.5 días

10^{-9} Un “slip” cada 1.5 días

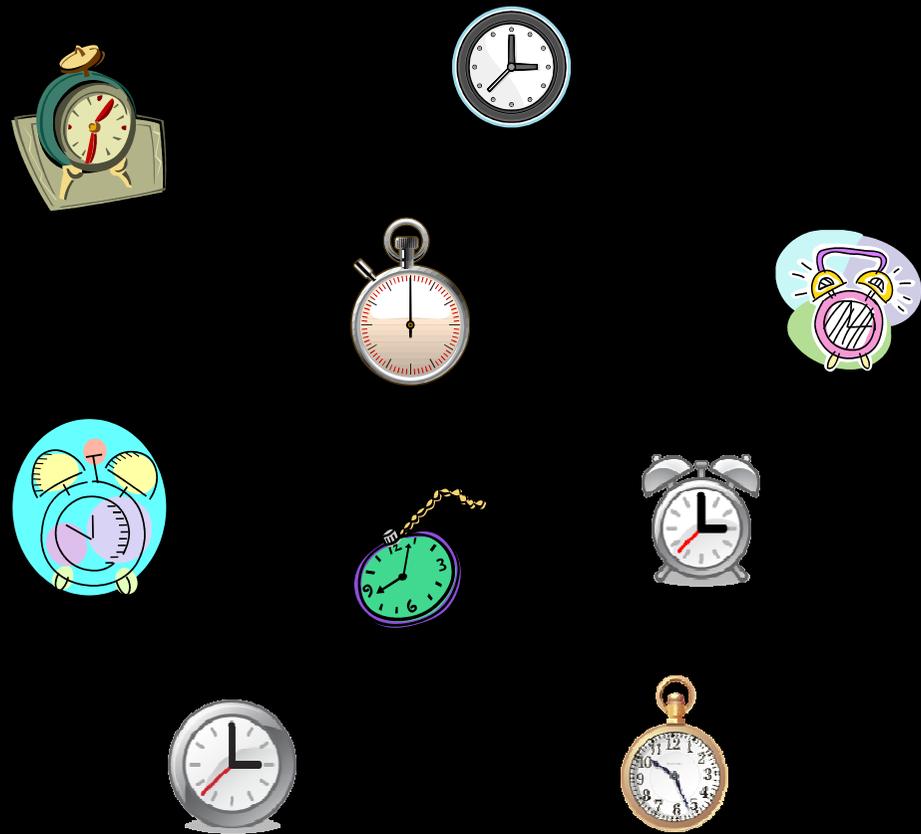
10^{-8} 7 “slips” por día

10^{-7} 3 “slips” cada hora

10^{-6} 30 “slips” cada hora

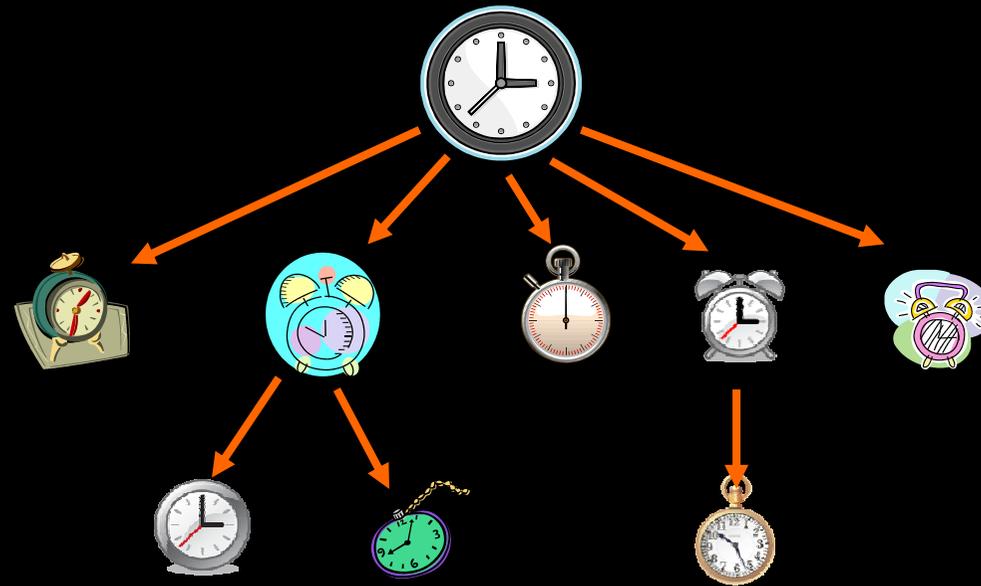
2. Esquemas de sincronía en redes de comunicaciones





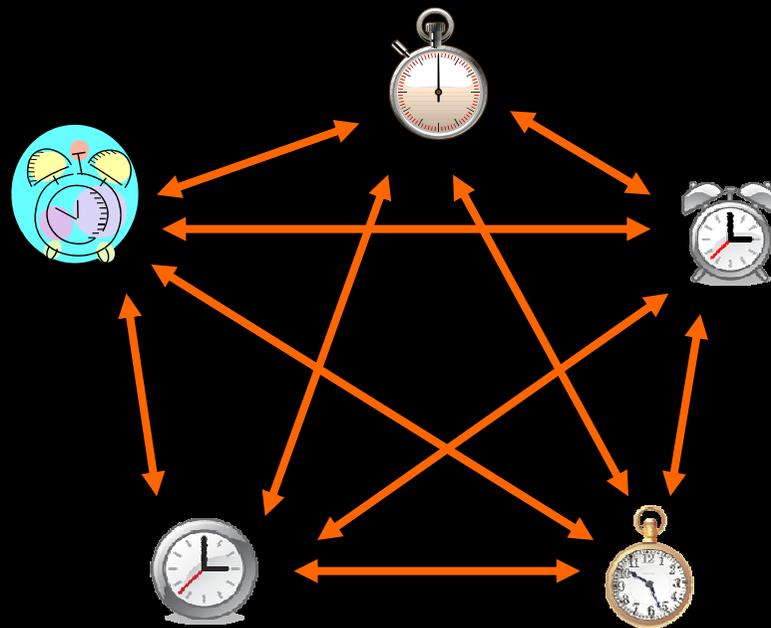
Redes plesiócronas

Anarquía

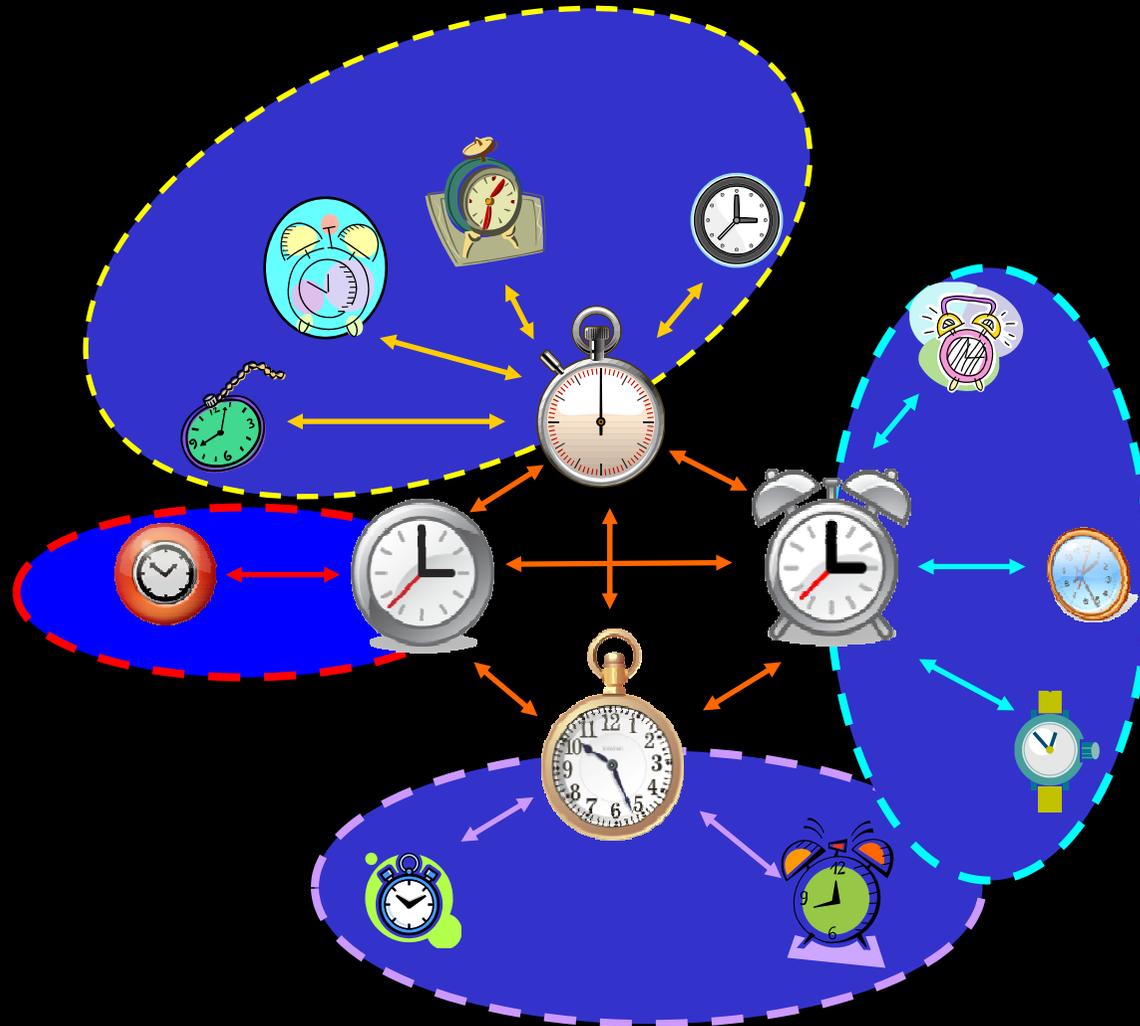


Sincronía Maestro-Esclavo

Sincronía despótica

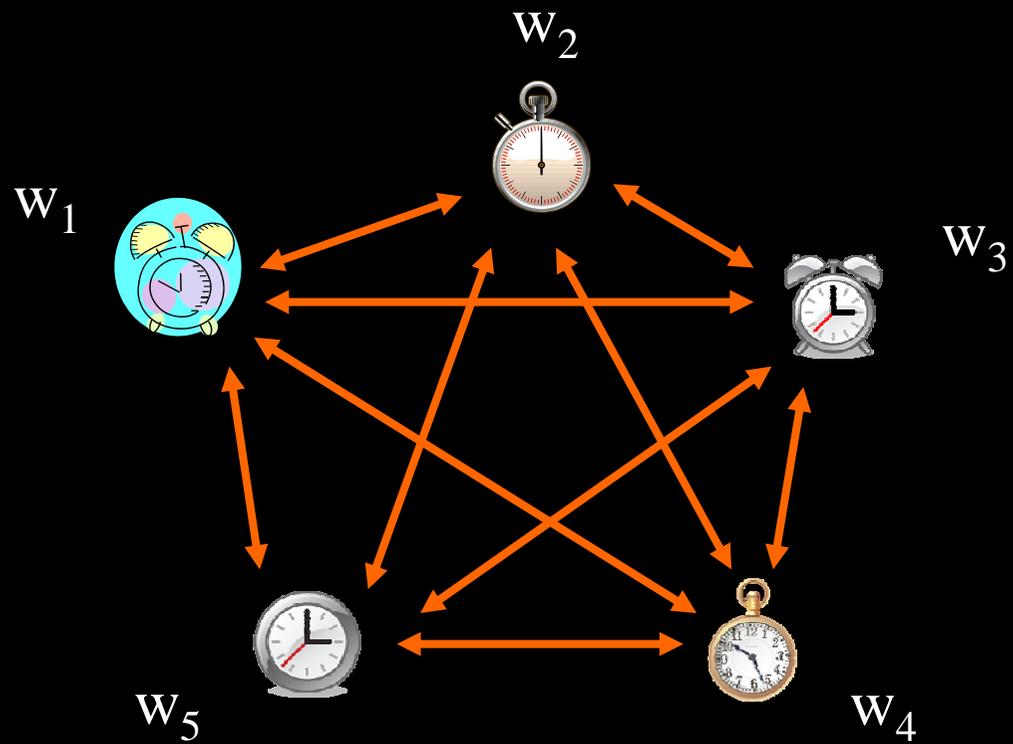


Sincronía mutua
Sincronía democrática

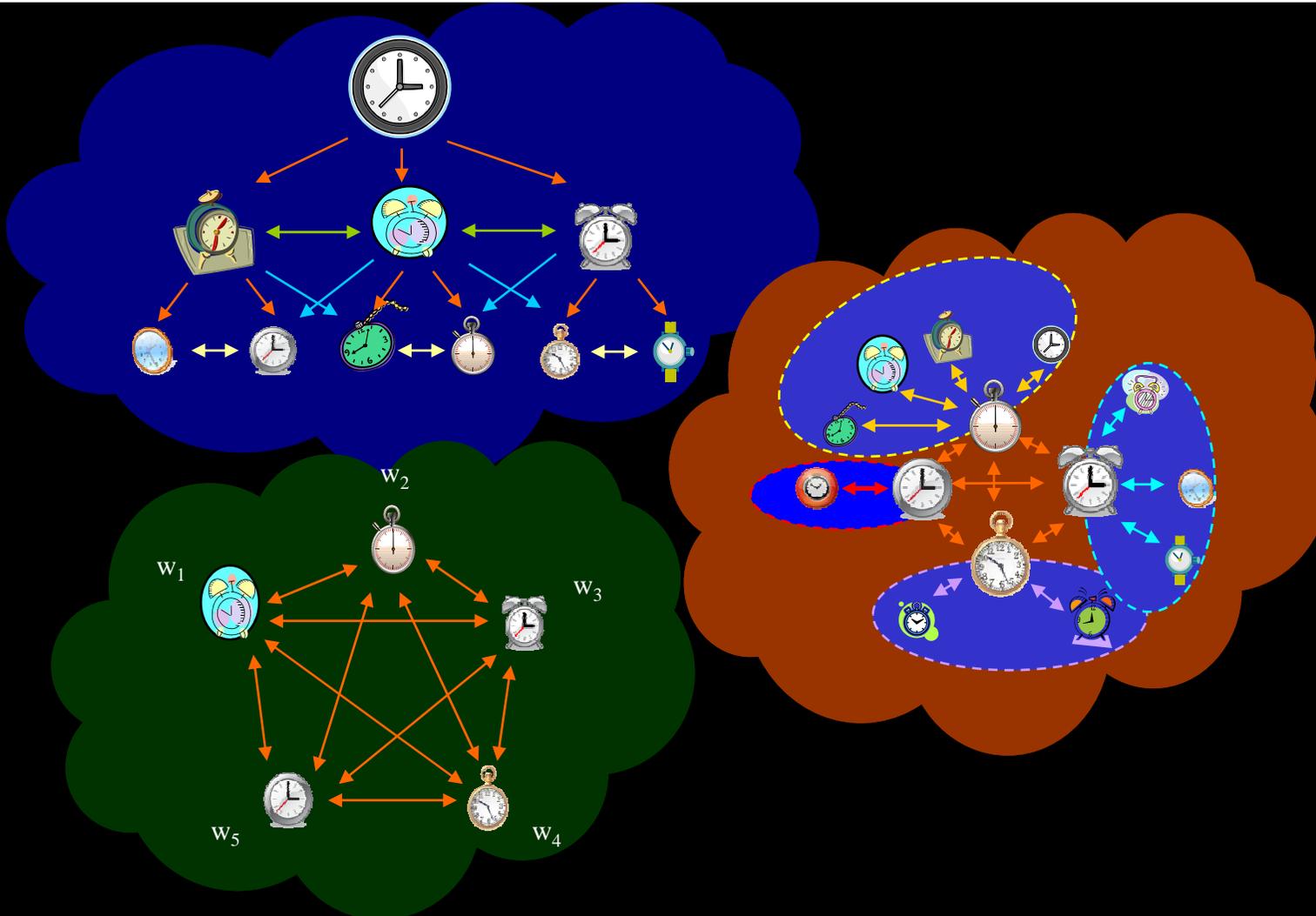


Sincronía mutua / maestro-esclavo

Sincronía oligárquica



Sincronía mutua jerárquica
Sincronía con democracia jerárquica



Sincronía plesíocrona / síncrona

Estados soberanos independientes

3. Especificaciones en PRC



Algunas recomendaciones de la Unión Internacional de telecomunicaciones (ITU)

ITU-T G.823

La tolerancia máxima de wander en sistemas de telecomunicación de 2 Mbit/s es de $18 \mu\text{s}$

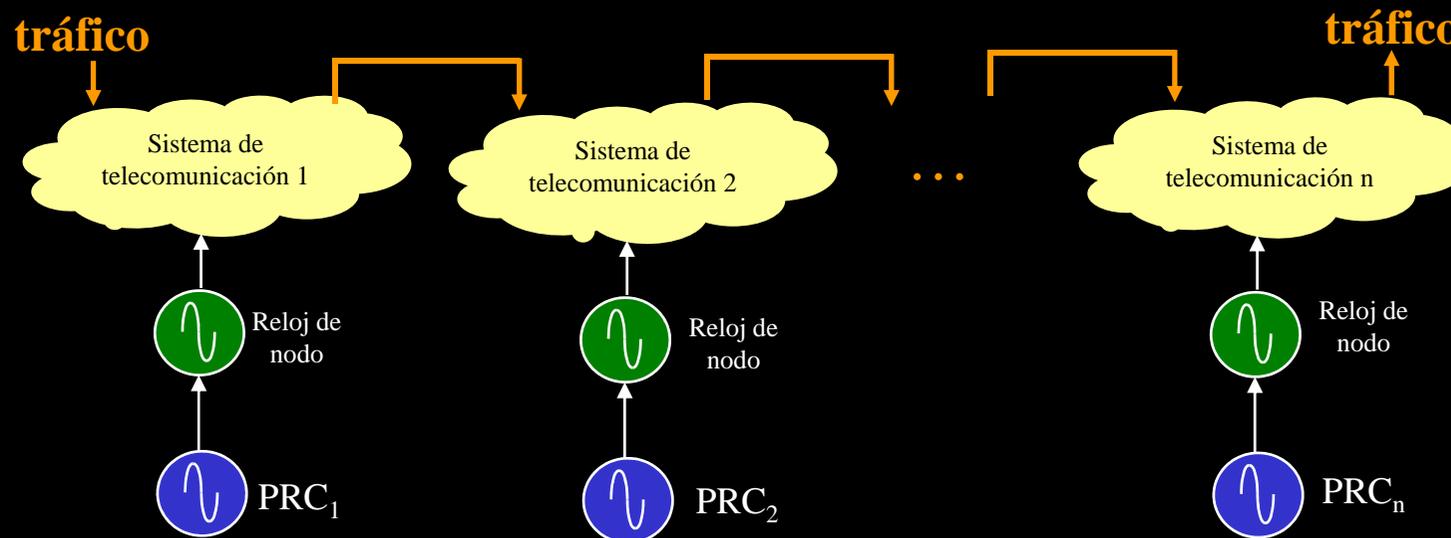
ITU-T G.811

La desviación fraccional de frecuencia máxima de un PRC respecto al UTC es 10^{-11}

Algunas recomendaciones de la Unión Internacional de telecomunicaciones (ITU)

ITU-T G.822

Para tráfico en conexiones en cascada el valor nominal de la razón es de un “slip” e $72/(n-1)$ días. Donde n es el número de PRC a lo largo de la conexión en cascada



Algunas recomendaciones de la Unión Internacional de telecomunicaciones (ITU)

ITU-T G.812

Para un nodo de tránsito la máxima desviación fraccional de frecuencia en estado “holdover” es de 5×10^{-10} con un corrimiento máximo de 10^{-9} en 24 horas. Para nodos locales la máxima desviación fraccional de frecuencia en modo “holdover” es de 10^{-8} con un corrimiento máximo de 2×10^{-8} en 24 horas.

Algunas recomendaciones

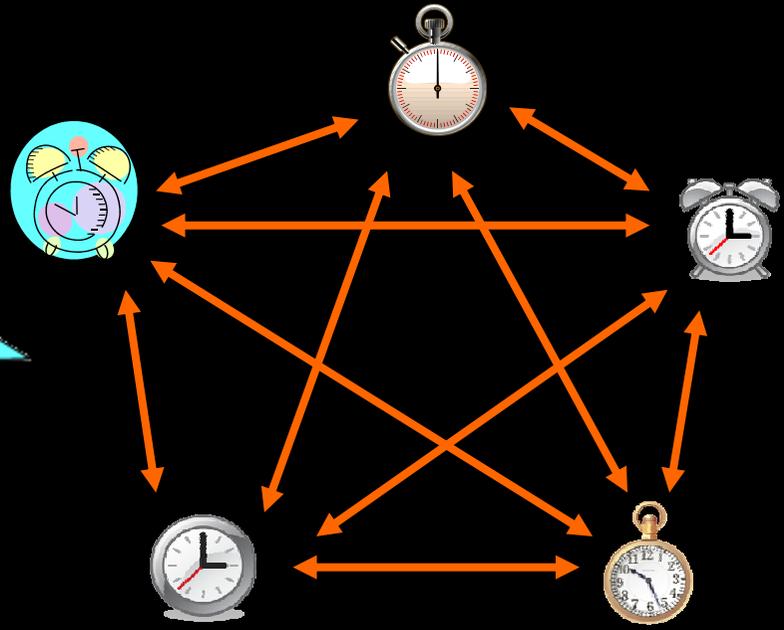
Cada PRC es redundante en la forma 1+1 ó 1+2

Los relojes de nodo son redundantes en la forma 1+1

Los relojes de nodo tienen dos o más conexiones a PRC

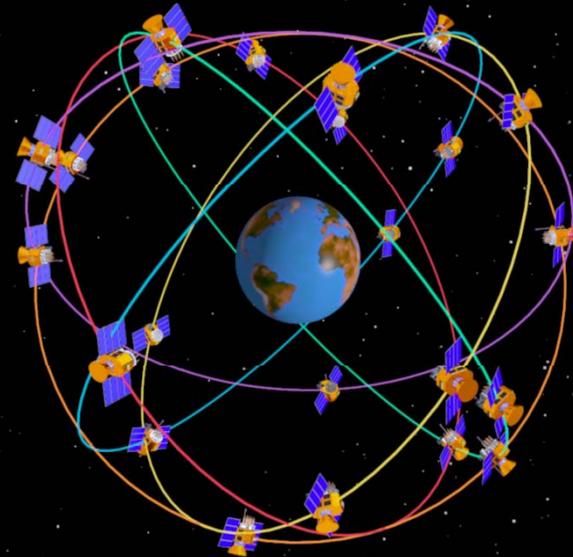
4. Comparación entre PRC





El sistema GPS: segmento satelital

- Constelación de más de 24 satélites
- Órbitas circulares Semi-sincronas, con altitud de ~20,200 km
- Seis planos orbitales, con inclinación respecto plano ecuatorial de 55° , 4 satélites igualmente espaciados
- Periodo orbital de 11 horas, 58 minutos
- El sistema puede alojar hasta 32 satélites—nuevos satélites son puestos en operación de acuerdo se requieran, últimamente 2 o 3 por año
- *Diseñado para cubrir la superficie terrestre con por lo menos la señal de 4 satélites en todo tiempo*
- *Relojes de Cesio o rubidio son puestos a bordo de los satélites del sistema*



El método de vista común del sistema GPS para la transferencia de tiempo y frecuencia de muy alta exactitud



$$\Delta t_{BA} = \Delta t_B - \Delta t_A = (t_B - t_{GPS}) - (t_A - t_{GPS}) = t_B - t_A$$

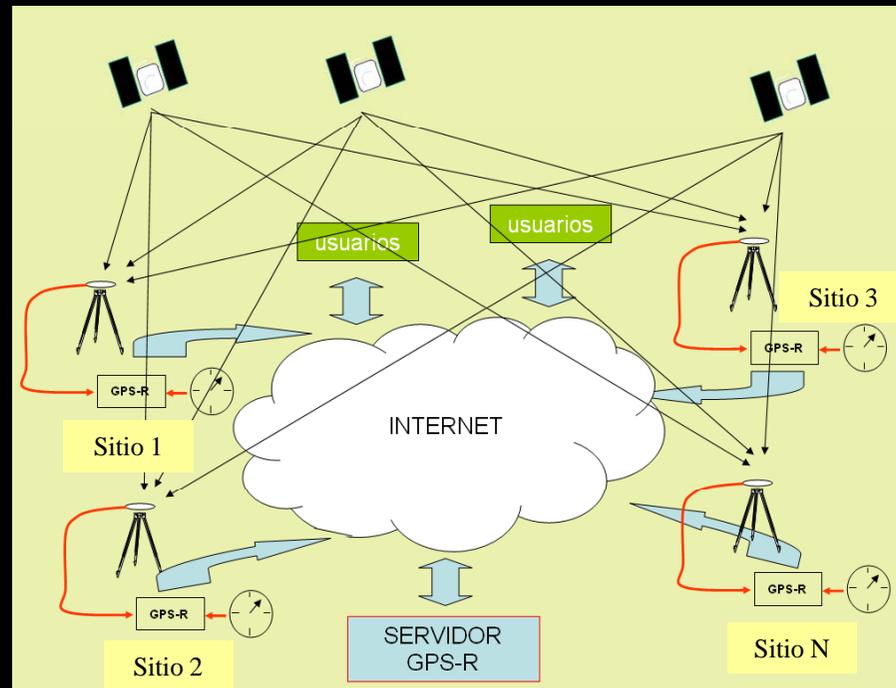
Equipo desarrollado por el CENAM para la comparación remota de relojes en tiempo real



Receptor GPS en tiempo real desarrollado por el CENAM y el NIST que incorpora aspectos de innovación a nivel mundial que permiten mejorar el seguimiento metrológico de relojes atómicos de alto desempeño



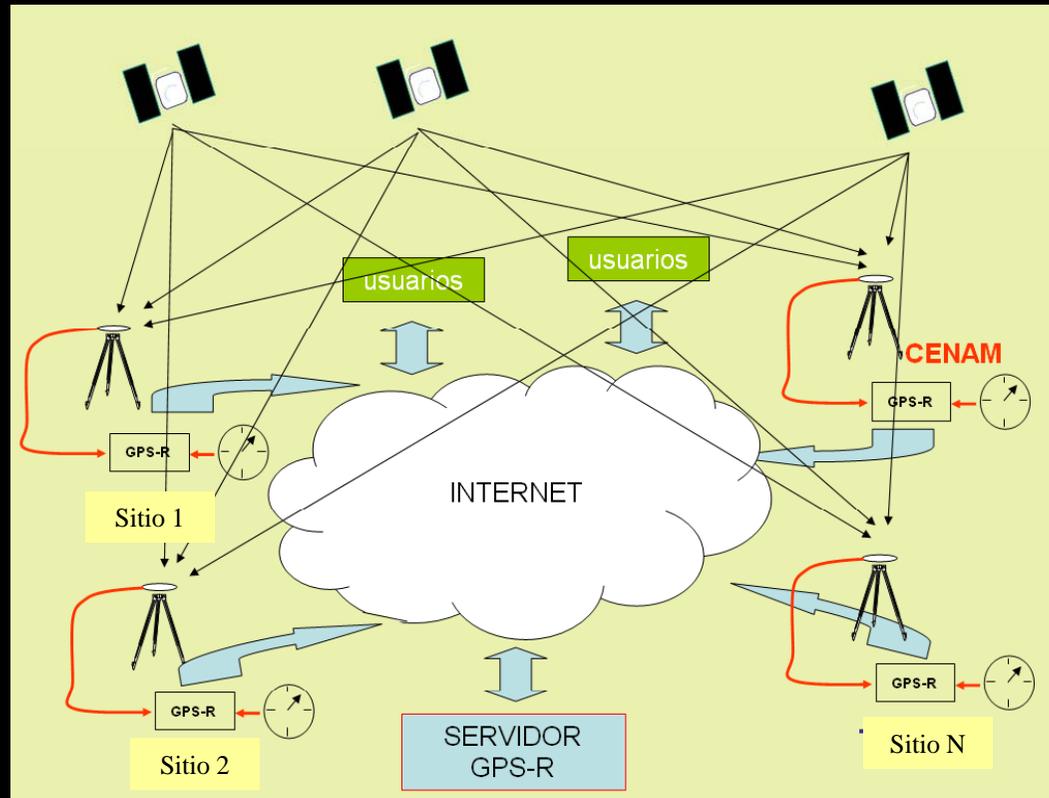
Operación de la red de comparación en tiempo real para referencias primarias en redes de comunicación



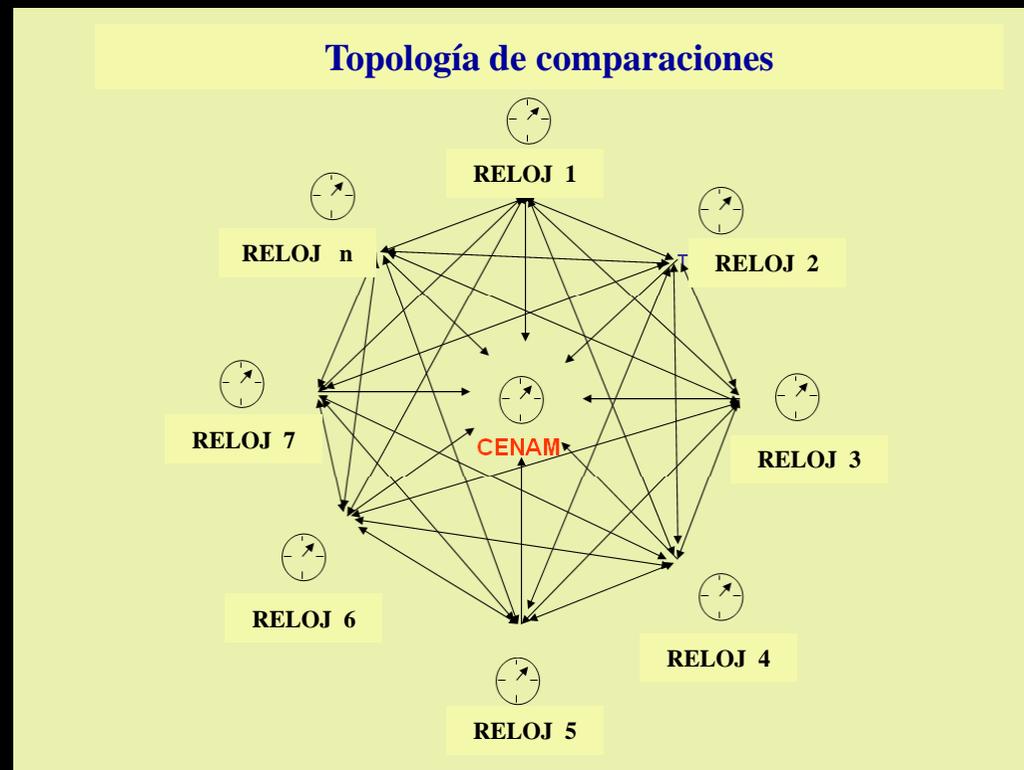
5. Trazabilidad al SI

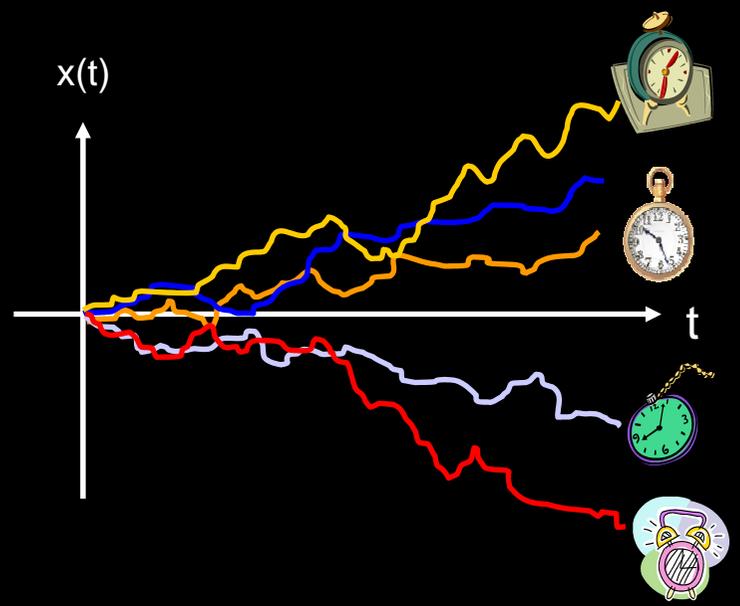


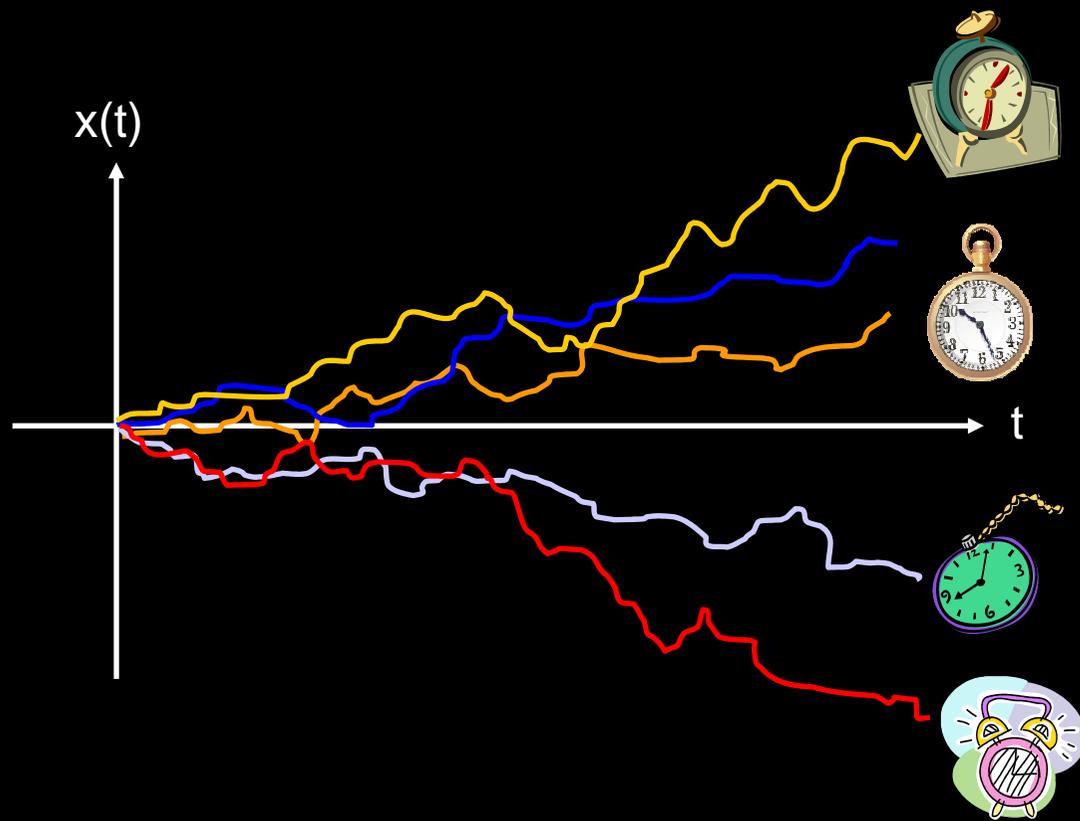
Operación de la red de comparación en tiempo real para referencias primarias en redes de comunicación



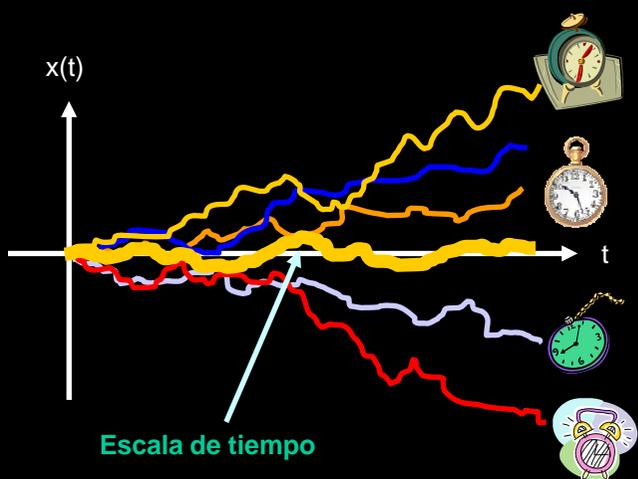
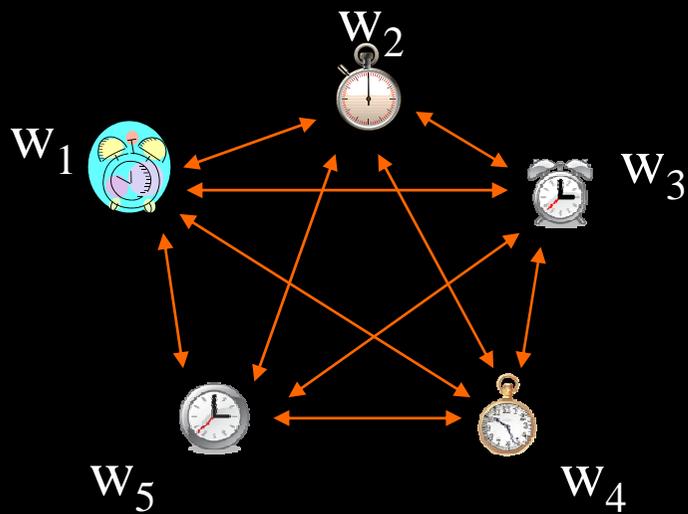
Operación de la red de comparación en tiempo real para referencias primarias en redes de comunicación

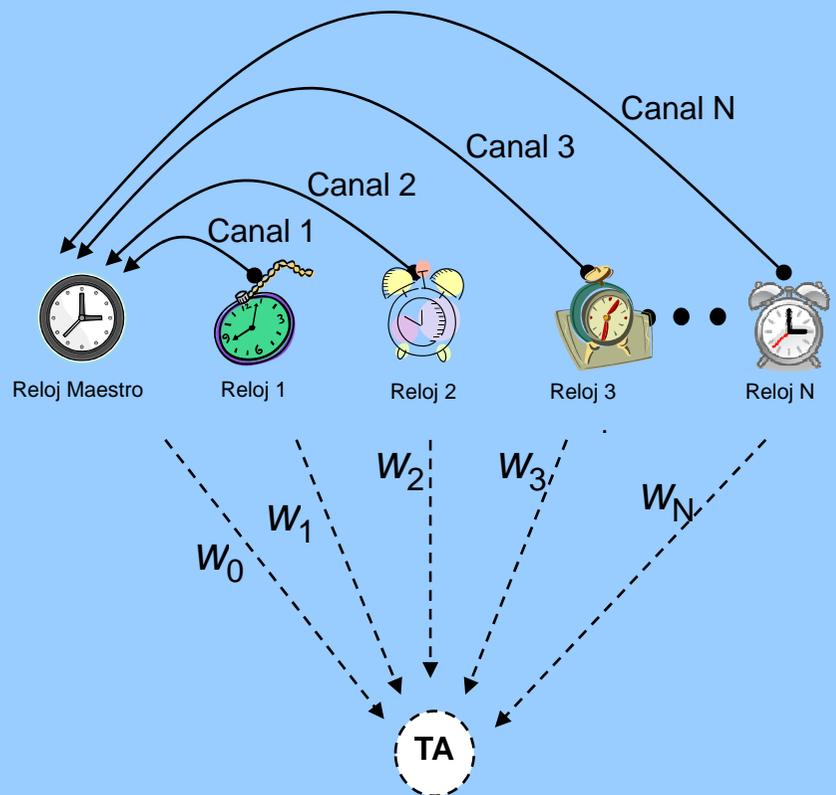












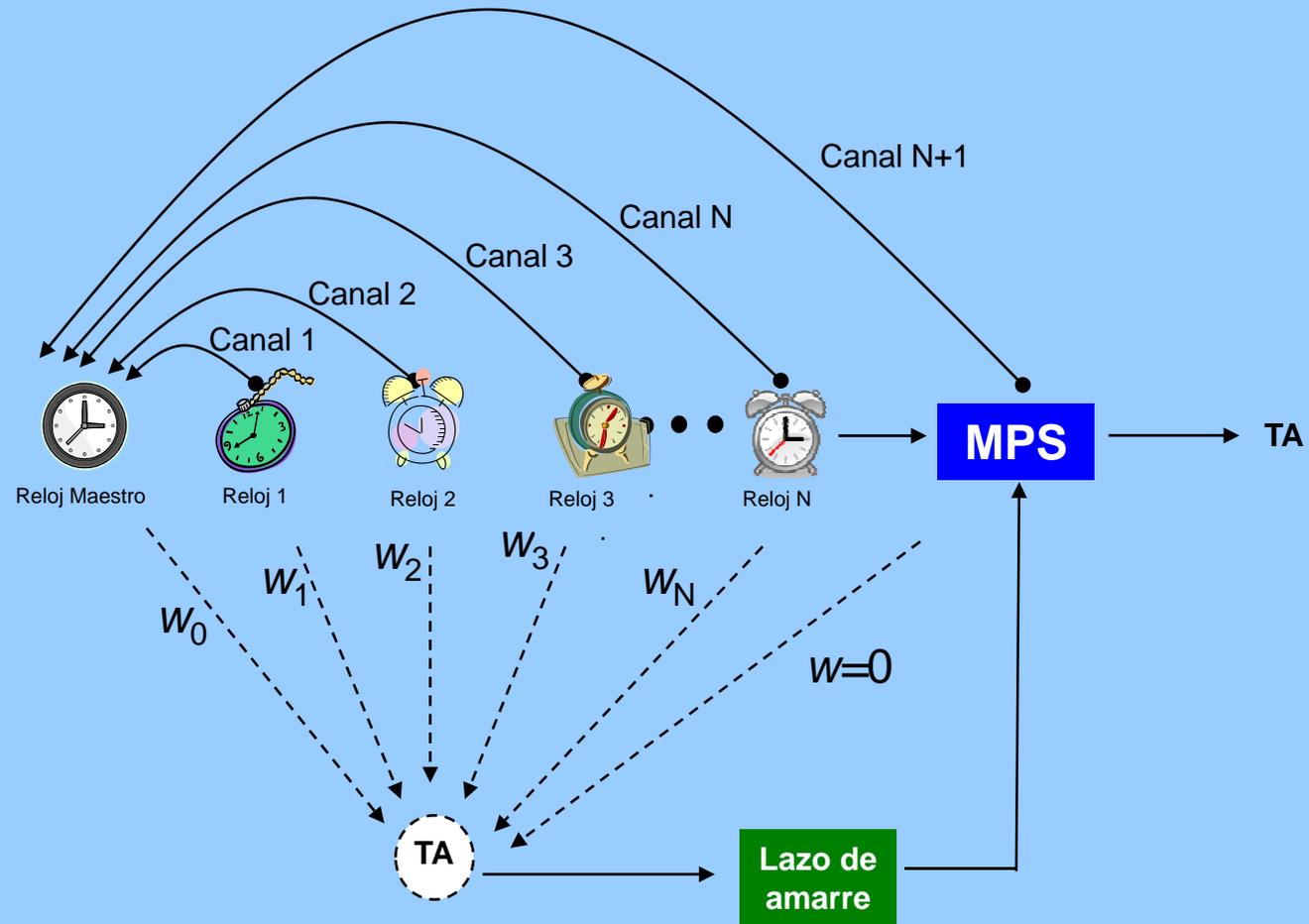
$$\bar{X}_i(t + \tau) = X_i(t) + \left[Y_i(t) + \frac{D_i \tau}{2} \right] \tau$$

$$X_i(t + \tau) = \sum_{j=1}^N w_j [\bar{X}_j(t + \tau) - X_{ji}(t + \tau)]$$

$$\bar{Y}_i(t + \tau) = \frac{X_i(t + \tau) - X_i(t)}{\tau}$$

$$Y_i(t + \tau) = \frac{\bar{Y}_i(t + \tau) + m_i Y_i(t)}{1 + m_i}$$

La escala TA así definida es similar a la escala EAL del BIPM, la característica metrológica principal es la estabilidad.



Arreglo experimental para transformar el reloj virtual en un reloj real

6. Resultados de comparación



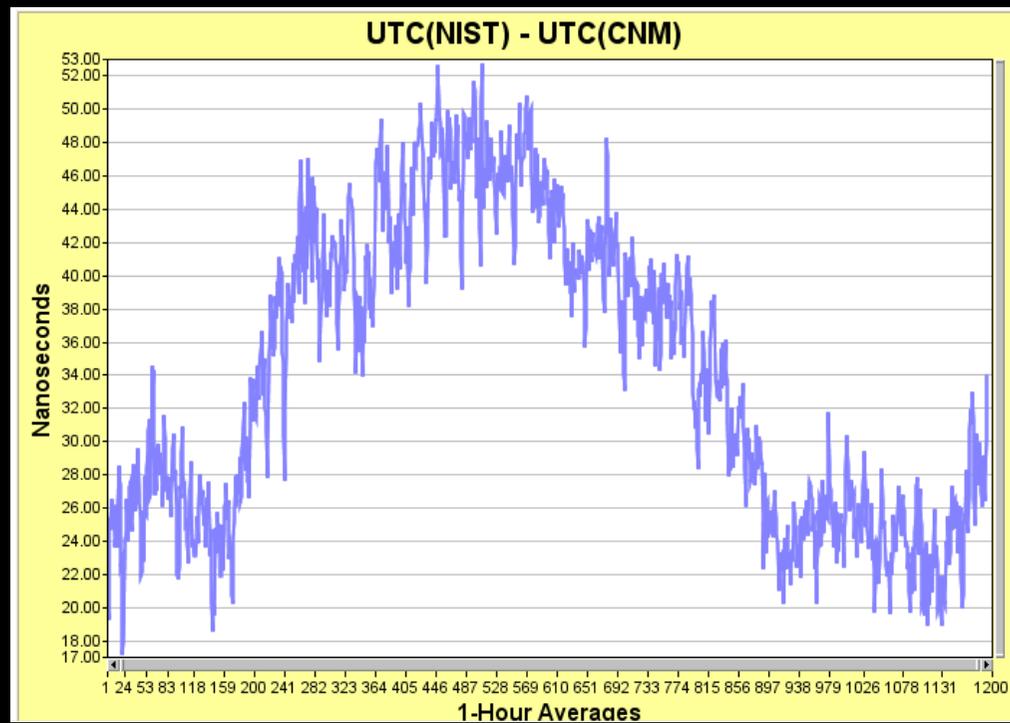
SIM Time Scale Comparisons via GPS Common-View

(Time differences in nanoseconds for the 10-minute period ending on 06-18-2008 at 1700 UTC)

 SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA		 NIST	 CENAM	 NRC-CNRC	 CENAMEP AIP	 ONRJ	 ICE	 SIC	 INTI	 LNMI	 BSJ
		United States UTC(NIST)	Mexico UTC(CNMM)	Canada UTC(NRC)	Panama UTC(CNMP)	Brazil UTC(ONRJ)	Costa Rica UTC(ICE)	Colombia UTC(SIC)	Argentina UTC(INTI)	Guatemala UTC(LNMI)	Jamaica UTC(BSJ)
	United States UTC(NIST)		-33.5	-18.4	-257.6	-38.5	18102590.5	1613.7	-237.9		292.5
	Mexico UTC(CNMM)	33.5		15.6	-222.6	-6.2	18102626.8	1650.0	-206.3		328.5
	Canada UTC(NRC)	18.4	-15.6		-239.2	-19.4	18102608.9	1632.4	-217.7		310.9
	Panama UTC(CNMP)	257.6	222.6	239.2		219.7	18102846.9	1871.4	26.0		549.3
	Brazil UTC(ONRJ)	38.5	6.2	19.4	-219.7		18102628.4	1653.2	-196.1		330.8
	Costa Rica UTC(ICE)	-18102590.5	-18102626.8	-18102608.9	-18102846.9	-18102628.4		-18100976.5	-18102818.6		-10102297.7
	Colombia UTC(SIC)	-1613.7	-1650.0	-1632.4	-1871.4	-1653.2	18100976.5		-1847.2		-1321.9
	Argentina UTC(INTI)	237.9	206.3	217.7	-26.0	196.1	18102818.6	1847.2			521.8
	Guatemala UTC(LNMI)										
	Jamaica UTC(BSJ)	-292.5	-328.5	-310.9	-549.3	-330.8	18102297.7	1321.9	-521.8		
Last Update (HHMM UTC)		1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700		1700

http://gps.nist.gov/scripts/sim_rx_grid.exe

Hours in Common-View	Mean Time Offset (ns)	Range (ns)	Frequency Offset	Confidence (r)
1193	34.18	35.56	-1.95×10^{-15}	-0.27



UTC(NIST) versus UTC(CNM) via Common-View GPS

[1 Day Averages](#)

[1 Hour Averages](#)

[10 Minute Averages](#)

[Next Date](#)

[Last Date](#)

[Flip](#)

Laboratory 1	National Institute of Standards and Technology	ID Number	006	End Date	2008-06-18
Latitude	39° 59 min 44.494 s N	Counter Delay	-0.08 ns	Reference Source	UTC(NIST)
Longitude	105° 15 min 43.409 s W	REF Delay	435.4 ns	Mask Angle	10°
Altitude	1645.60 m	Receiver Delay	1.5 ns	Receiver Temp.	29° C
Laboratory 2	Centro Nacional de Metrologia	ID Number	007	Baseline	2198.851 km
Latitude	20° 32 min 13.373 s N	Counter Delay	-0.13 ns	Reference Source	UTC(CNM)
Longitude	100° 15 min 17.204 s W	REF Delay	12.9 ns	Mask Angle	10°
Altitude	1917.16 m	Receiver Delay	55.2 ns	Receiver Temp.	25° C

Allan Deviation

Averaging Time (τ) (hours, minutes)	Samples	Frequency Stability
0 h, 10 min	7149	3.05×10^{-12}
0 h, 20 min	7147	2.04×10^{-12}
0 h, 40 min	7143	1.16×10^{-12}
1 h, 20 min	7135	7.18×10^{-13}
2 h, 40 min	7119	4.06×10^{-13}
5 h, 20 min	7087	2.42×10^{-13}
10 h, 40 min	7023	1.31×10^{-13}
21 h, 20 min	6895	6.14×10^{-14}
42 h, 40 min	6639	3.45×10^{-14}
85 h, 20 min	6127	2.10×10^{-14}
170 h, 40 min	5103	9.96×10^{-15}

Time Deviation

Averaging Time (τ) (hours, minutes)	Samples	Time Stability (ns)
0 h, 10 min	7149	1.06
0 h, 20 min	7146	1.06
0 h, 40 min	7140	1.08
1 h, 20 min	7128	1.25
2 h, 40 min	7104	1.33
5 h, 20 min	7056	1.57
10 h, 40 min	6960	1.49
21 h, 20 min	6768	1.20
42 h, 40 min	6384	1.33
85 h, 20 min	5616	2.14
170 h, 40 min	4080	2.86

UTC(NIST) - UTC(CNM)
(common-view tracks from individual GPS satellites)

GPS PRN	Minutes (In-View)	Minutes (Common-View)	Range (ns)	Time Deviation	Frequency Offset	Confidence (r)	View Detail
1	---	---	-----	-----	-----	-----	----
2	17370	15930	43.51	1.23	-2.38×10^{-15}	-0.30	View
3	19740	8080	44.81	1.53	-2.31×10^{-16}	-0.03	View
4	16410	15010	48.89	1.48	-2.43×10^{-15}	-0.29	View
5	18700	12010	51.14	1.46	-1.88×10^{-15}	-0.24	View
6	16600	10240	46.09	1.75	-1.35×10^{-15}	-0.18	View
7	19390	12520	41.53	1.26	-1.76×10^{-15}	-0.25	View
8	16620	13680	47.15	1.72	-2.98×10^{-15}	-0.35	View
9	18680	11390	48.15	1.75	-2.34×10^{-15}	-0.29	View
10	14720	13430	42.09	1.54	-2.40×10^{-15}	-0.31	View
11	21240	11490	55.55	1.57	-1.90×10^{-15}	-0.23	View
12	16770	10850	45.33	1.16	-2.36×10^{-15}	-0.30	View
13	15810	11610	45.01	1.01	-1.72×10^{-15}	-0.24	View
14	17750	17650	51.03	1.33	-1.91×10^{-15}	-0.23	View
15	17850	10030	44.27	1.50	-2.75×10^{-15}	-0.36	View
16	17540	11200	46.10	1.16	-4.40×10^{-16}	-0.06	View
17	17810	17810	43.87	1.37	-2.25×10^{-15}	-0.28	View
18	19110	17450	45.14	1.29	-2.36×10^{-15}	-0.31	View
19	15100	7460	44.75	1.72	-1.73×10^{-15}	-0.26	View
20	16460	10610	40.52	1.11	-1.04×10^{-15}	-0.15	View
21	18010	13560	41.85	1.28	-2.14×10^{-15}	-0.28	View
22	18670	13470	46.68	1.63	-1.95×10^{-15}	-0.25	View
23	17480	14490	49.15	1.54	-1.51×10^{-15}	-0.21	View
24	14600	10980	42.90	1.07	-2.44×10^{-15}	-0.32	View

7. Conclusiones



¿Cómo funciona la sincronía en su red de comunicaciones?

¿Así?



¿o así?



GRACIAS!

Sincronía en las telecomunicaciones

J. Mauricio López R.



División de Tiempo y Frecuencia

CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, CENAM